



Departamento de
Minas
da Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto

CÂMARA MUNICIPAL DE OLIVEIRA DE AZEMÉIS

**ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PARA IDENTIFICAÇÃO DE
ZONAS ADEQUADAS À IMPLANTAÇÃO DE CAPTAÇÕES
NO CONCELHO DE OLIVEIRA DE AZEMÉIS**





INDICE

1. Resumo e objectivos do trabalho	2
2. Análise preliminar da viabilidade de abastecimento por açude	3
2.1 Triagem das zonas a estudar	3
2.2 Enquadramento hidrológico	4
2.3 Selecção da zona mais favorável	5
3. Enquadramento económico	7
4. Conclusões e recomendações finais	12

ANEXO I - Planta de localização e carta geológica.

ANEXO II - Estudo Hidrológico e Definição de Capacidades de Regularização

ANEXO III - Enquadramento Geológico - Perfis Geofísicos

ANEXO IV - Relatório de Progresso



ESTUDO HIDROGEOLÓGICO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ZONAS ADEQUADAS À IMPLANTAÇÃO DE CAPTAÇÕES NO CONCELHO DE OLIVEIRA DE AZEMÉIS

1. RESUMO E OBJECTIVO DO TRABALHO

A Câmara Municipal de Oliveira de Azeméis adjudicou ao Departamento de Minas o Estudo Hidrogeológico para Identificação de Zonas Adequadas à Implantação de Captações no Concelho de Oliveira de Azeméis. No seguimento da proposta de 7/12/92, do fax de 25/1/93 e após contactos com o corpo técnico da C.M. de Oliveira de Azeméis, nomeadamente com o Senhor Eng. Fernando Brandão, foi decidido que o presente trabalho seria acompanhado a par e passo pela C.M. de Oliveira de Azeméis, e que haveria reuniões intermédias sempre que fosse necessário tomar opções de fundo.

O objectivo do trabalho consistia em localizar origens que assegurassem um caudal médio de abastecimento de 40 litros por segundo. Ficou decidido, nas referidas reuniões iniciais, que o presente trabalho seria orientado para a localização de captações em cursos de água, ou seja, dar maior ênfase à hidrologia de superfície, com vista a determinar o local de implantação de um açude que garantisse aquele caudal de abastecimento, se possível a uma cota topográfica próxima dos 400 metros. O estudo de localização de captações subterrâneas seria desenvolvido apenas na eventualidade de uma análise preliminar das produções das bacias hidrográficas do Nordeste do Concelho mostrar ser inviável obter aquele caudal de abastecimento a partir de captações em albufeira.

A análise preliminar realizada permitiu concluir que o caudal de abastecimento pretendido podia ser obtido a partir da construção de um açude, dentro das condições desejadas, a implantar entre Moinhos do Campo e Moinhos da Passagem. Os passos intermédios que levaram a essa conclusão constam do ponto 2 do presente relatório.



Uma vez seleccionada a zona mais favorável à implantação realizou-se um estudo de pormenor com o objectivo de determinar a localização definitiva que atendesse ao binómio mais favorável desenvolvimento-altura do açude, tendo em vista a satisfação das necessidades definidas anteriormente. Uma vez escolhida essa localização foi realizado um estudo detalhado, em particular foram estudadas as consequências, em termos de abastecimento, que resultariam da construção de açudes com cota inferior à correspondente à situação ideal de abastecimento. Esse estudo aparece desenvolvido no ponto 3 do relatório, onde também é apresentado um breve estudo económico. Finalmente no ponto 4 apresentam-se as conclusões.

2. ANÁLISE PRELIMINAR DA VIABILIDADE DE ABASTECIMENTO POR AÇUDE

2.1 Triagem das zonas estudadas

Após as visitas iniciais, a primeira das quais guiada pelos técnicos da C.M.Oliveira de Azeméis, foi feita uma selecção prévia com base naquelas indicações e na topografia da região. Na sequência desse trabalho preliminar foram seleccionados os seguintes três locais, assinalados na carta 1/25000 - ANEXO I, com as seguintes área associada das respectivas bacias hidrográficas:

Local	Área da bacia	Localização
Casal Marinho	0.81 Km ²	①
Moinhos do Campo	4.0 Km ²	②
Moinhos da Passagem	3.1 Km ²	③



2.2 Enquadramento hidrológico

Para obter a partir daquelas áreas de bacia hidrográfica os caudais nos cursos de água é necessário antes de mais conhecer a precipitação no local. As águas provenientes da chuva atingem o curso de água quer por precipitação directa, quer por escoamento superficial e subsuperficial, quer por escoamento subterrâneo. O escoamento subsuperficial e moderadamente o escoamento subterrâneo são responsáveis pela alimentação do curso de água em períodos de estiagem, já que sucede que a cota do vale é inferior à cota dos aquíferos das vertentes. Fora dos períodos de precipitação mais intensa, que no nosso país frequentemente coincide com os períodos do ano mais quentes, uma parcela apreciável das reservas subterrâneas vai sendo dissipada pela evapo-transpiração.

Assim a água que vai alimentando o curso de água ao fim de um período suficientemente longo, será a diferença entre a precipitação ocorrida na bacia e a soma da evapo-transpiração com a parcela correspondente à fuga de água da bacia por escoamento subterrâneo. As dificuldades em estimar, a partir dos dados meteorológicos a alimentação dos cursos de água, que passa pelo estabelecimento do balanço hídrico de uma dada região, são evidentes, quer pela relativa escassez de dados, quer pela própria diversidade de fórmulas previsoras da evapo-transpiração e do escoamento subterrâneo, que conduzem a resultados bastante diferentes. No entanto, à falta de outros dados, seria esse o método a recorrer para o caso em estudo.

Outro método, de extrema fiabilidade, será a utilização directa de dados de caudais colhidos nos cursos de água em estudo, quando estes estejam disponíveis para uma série temporal razoável, por exemplo uma década. No entanto raramente estes existem para pequenos cursos de água como os que os que existem na região em estudo, como é o caso do Rio Ínsua que passa em Moinhos do Campo e Moinhos da Passagem e o do seu afluente que passa em Casal Marinho.

Entre os dois métodos existe um intermédio, que se passa a descrever. Supondo que na proximidade da zona em estudo existe um curso de água com registo hidrológico conhecido e que a bacia do curso de água em estudo tem condições semelhantes às do primeiro curso de água, os dados registados do curso de água vizinho, conjuntamente com os dados pluviométricos e o conhecimento das bacias hidrográficas respectivas, são usados para prever o comportamento dos cursos de água para os quais não há medições de caudal.



Foi essa a metodologia usada no presente trabalho, conduzida pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH), descrita no **ANEXO II - Estudo Hidrológico e Definição de Capacidades de Regularização**, tendo para o efeito sido usados os registos hidrológicos do rio Antuã para o período de 1976/77 - 1986/87, registados na estação da Minhoteira; esses dados conjugados com os dos postos udométricos da Barragem do Castelo, de Espargo, de Estarreja e de Fiães permitiram obter estimativas para os caudais do Rio Ínsua, e, em particular conseguir estimativas para caudais diários, por correlação ortogonal com os dados udométricos diários.

2.3 Selecção da zona mais favorável.

No Anexo II aparece com grande detalhe e justificação em pormenor a metodologia utilizada que foi brevemente referida no ponto anterior. Resumidamente o método consiste em simular o comportamento da bacia hidrográfica e conseqüente variação de volume acumulado pela albufeira para um determinado período, e determinar, para esse período, o maior déficit cumulado do volume gasto-volume afluído. Este valor é o do volume útil que a albufeira deveria ter para assegurar sem rotura o abastecimento nominal imposto. Considerou-se um factor de ponta mensal máximo de 1,1 no consumo nos meses de estiagem.

Para efeito do presente relatório interessa reter os seguintes resultados, inicialmente obtidos com o intuito de seleccionar zonas favoráveis à construção de açudes: dos três locais considerados, Casal Marinho, Moinhos do Campo e Moinhos da Passagem, o caudal médio pretendido (40 l/s) levou à exclusão de Casal Marinho para implantação da albufeira, resultado obtido pelo IHRH, patente no ANEXO II, patente no Quadro 4.2, página 19, que dá para Casal Marinho um caudal médio anula de 36 l/s, inferior ao do projecto.

No mesmo Anexo II foram tratadas de forma sistemática sequências temporais de pluviosidade para os anos hidrológicos de 1976 a 1985. Para além dessas sequências temporais de pluviosidade, foram utilizadas outras por permutação circular daquelas, na hipótese que a pluviosidade de um ano não influencia a do ano imediatamente a seguir, conseguindo-se assim novas sequências hidrológicas para a década, que, em princípio, são ergodicamente equivalentes às originais.



De todo o estudo levado a efeito pelo IHRH ressalta a localização mais favorável para o açude o corredor de vale situado entre Moinhos do Campo e Moinhos da Passagem. Particular relevância em todo o estudo realizado pelo IHRH têm as considerações sobre o caudal ecológico, que tem influência determinante, em período de estiagem, no dimensionamento do açude. Esse facto aponta para uma situação de viabilidade tangencial para o empreendimento, apesar de não o inviabilizar sob essa perspectiva, apenas irá onerar o empreendimento ao exigir um açude mais alto.

Seleccionada a localização mais favorável, passou o IHRH ao cálculo das alturas dos açudes, obtendo-se 21 metros para Moinhos da Passagem e 35 metros para Moinhos do Campo, vidé ANEXO II, comentários na sequência da obtenção do Quadro 5.1. Finalmente preconiza o IHRH que a obra de retenção a realizar seja "uma solução construtiva de barragem de enrocamento".

Assim conclui-se que o abastecimento necessário ao consumo previsto de 40 l/s pode ser assegurado pela construção de uma captação numa albufeira. As cotas de coroamento do açude, implicam uma construção cujo licenciamento estará abrangido pelo Regulamento de Segurança de Barragens (Dec. Lei 11/90), no caso de a obra de retenção ter uma altura superior a 15 metros.

Na reunião de trabalho realizada em 22 de Julho de 1993 ficou decidido para prosseguimento e conclusão do trabalho seriam desenvolvidos os trabalhos que constam no estudo ANEXO II do IHRH, e que acabaram de ser sumariamente apresentados e que constituem um desenvolvimento do esboço patente no Relatório de Progresso de 15/7/93 que aparece no ANEXO IV.

Para além do referido estudo a desenvolver pelo IHRH, ficou o Departamento de Minas incumbido de proceder ao estudo geológico e geofísico detalhado sobre o tramo do vale compreendido entre Moinhos de Campo e Moinhos da Passagem, a fim de localizar eventuais acidentes geológicos. Esse estudo geológico e geofísico aparece com detalhe no ANEXO III. Dele ressalta, quer pela análise da fotografia aérea, quer pelo levantamento geológico-estrutural da rede de diaclasamentos, quer pelo levantamento geofísico, não haver evidência de qualquer acidente geológico ou estrutural que inviabilize a implantação da obra. O levantamento electromagnético vem corroborar essa informação, denotando fracas anomalias nas duas margens entre Moinhos do Campo e Moinhos da Passagem. Em resumo, todos os dados disponíveis



patentes no ANEXO III confluem no sentido de poder ser afirmado com larga margem de segurança que o maciço rochoso do vale entre Moinhos do Campo e Moinhos da Passagem ser competente para suportar a obra de retenção.

3. ENQUADRAMENTO ECONÓMICO.

No seguimento do seu estudo o Instituto de Hidráulica procedeu a uma estimativa orçamental do empreendimento, tendo obtido um valor de 206 000 contos para o Moinhos do Campo e 111 000 contos para Moinhos da Passagem, valores que aparecem justificados com detalhe no ponto 6 do ANEXO II.

Com base neste números, pretendeu-se, num brevíssimo estudo económico preliminar, quantificar o custo unitário dos investimentos a realizar para diferentes taxas de actualização, utilizando como unidade o custo por m^3 de caudal produzido. Dada a natureza social do investimento a realizar, adoptou-se uma escala de variação relativamente baixa para a taxa de actualização (entre 0 e 12%). A sua escolha reflectirá naturalmente a política de gestão adoptada pela Câmara. Considera-se um valor residual nulo para o investimento, e uma vida útil para a amortização de 15 e de 20 anos. São analisadas as duas alternativas de localização: Moínhos da Passagem e Moínhos do Campo. Os custos por m^3 devem ser entendidos como correspondendo apenas à parte financeira do investimento, isto é, à boca da captação e sem nele estarem incluídas as despesas com o tratamento e a distribuição.



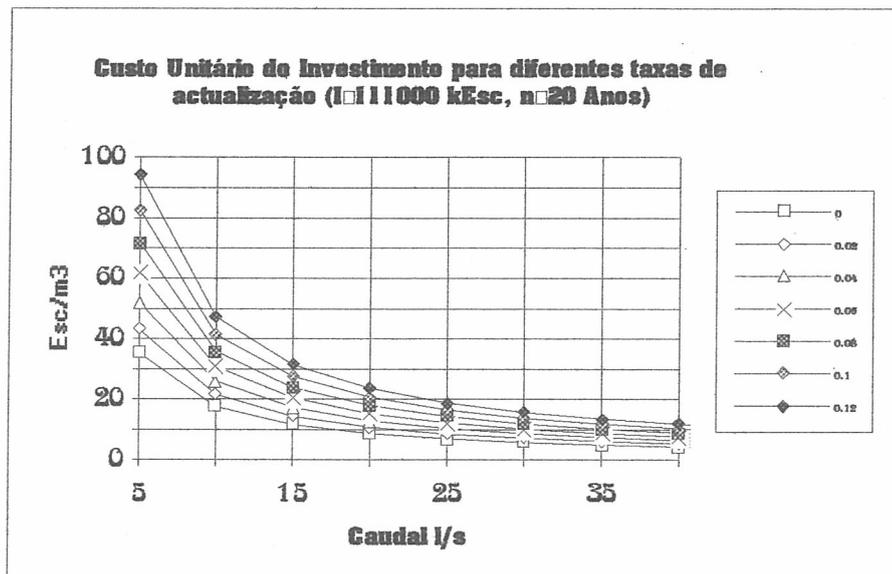
Indica-se na tabela I o custo unitário obtido para a alternativa relativa a Moínhos da Passagem, e para uma vida útil de 20 anos.

TABELA I - MOÍNHOS DA PASSAGEM

CUSTO UNITÁRIO DO INVESTIMENTO (I=111000 kEsc, n=20 Anos)
Unidade Adoptada: Esc/m³
Taxa de Actualização

Caudal l/s	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12
5	35.20	43.05	51.80	61.37	71.70	82.69	94.24
10	17.60	21.53	25.90	30.69	35.85	41.34	47.12
15	11.73	14.35	17.27	20.46	23.90	27.56	31.41
20	8.80	10.76	12.95	15.34	17.92	20.67	23.56
25	7.04	8.61	10.36	12.27	14.34	16.54	18.85
30	5.87	7.18	8.63	10.23	11.95	13.78	15.71
35	5.03	6.15	7.40	8.77	10.24	11.81	13.46
40	4.40	5.38	6.47	7.67	8.96	10.34	11.78
45	3.91	4.78	5.76	6.82	7.97	9.19	10.47
50	3.52	4.31	5.18	6.14	7.17	8.27	9.42

A figura 1 representa graficamente os valores calculados





Na tabela II referem-se os custos unitários obtido para a alternativa relativa a Moínhos da Passagem, e para uma vida útil de 15 anos.

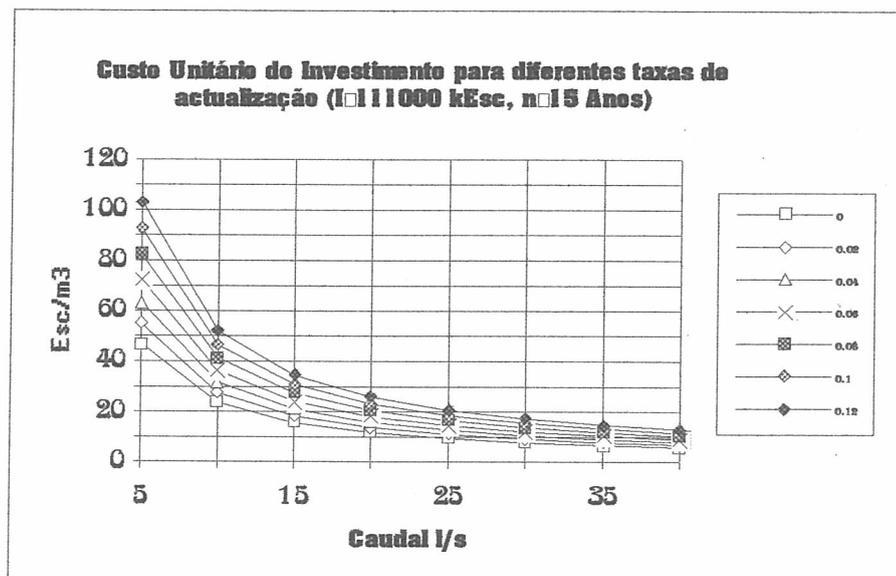
TABELA II - MOÍNHOS DA PASSAGEM

CUSTO UNITÁRIO DO INVESTIMENTO (I=111000 kEsc, n=15 Anos)

Unidade Adoptada: Esc/m³

Taxas de Actualização

Caudal l/s	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12
5	46.93	54.79	63.31	72.48	82.24	92.55	103.36
10	23.47	27.39	31.66	36.24	41.12	46.28	51.68
15	15.64	18.26	21.10	24.16	27.41	30.85	34.45
20	11.73	13.70	15.83	18.12	20.56	23.14	25.84
25	9.39	10.96	12.66	14.50	16.45	18.51	20.67
30	7.82	9.13	10.55	12.08	13.71	15.43	17.23
35	6.70	7.83	9.04	10.35	11.75	13.22	14.77
40	5.87	6.85	7.91	9.06	10.28	11.57	12.92
45	5.21	6.09	7.03	8.05	9.14	10.28	11.48
50	4.69	5.48	6.33	7.25	8.22	9.26	10.34





Relativamente à alternativa Moínhos do Campo, e para uma vida útil de 15 anos, indicam-se na tabela III os valores calculados.

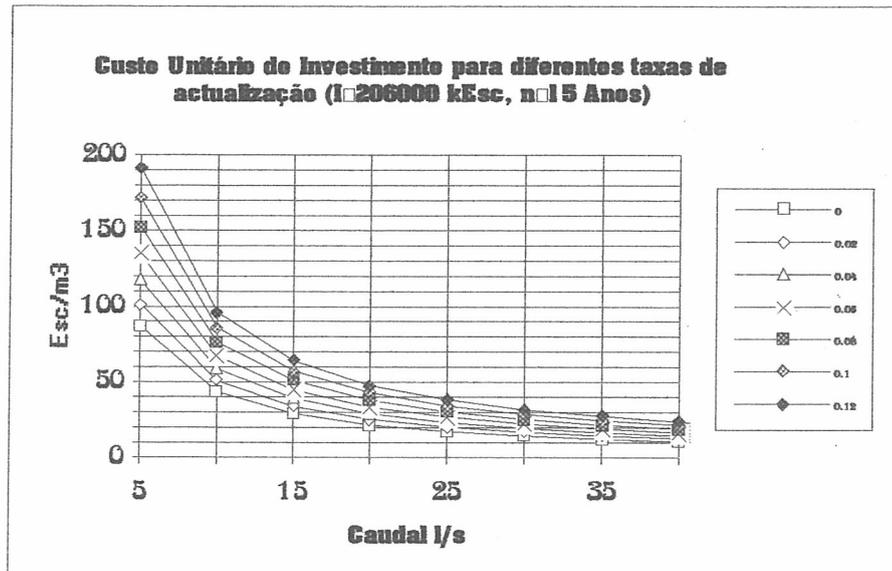
TABELA III- MOÍNHOS DO CAMPO

CUSTO UNITÁRIO DO INVESTIMENTO (I=206000 kEsc, n=15 Anos)

Unidade Adoptada: Esc/m³

Taxa de Actualização

Caudal l/s	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12
5	87.10	101.67	117.50	134.52	152.63	171.76	191.82
10	43.55	50.84	58.75	67.26	76.32	85.88	95.91
15	29.03	33.89	39.17	44.84	50.88	57.25	63.94
20	21.77	25.42	29.38	33.63	38.16	42.94	47.95
25	17.42	20.33	23.50	26.90	30.53	34.35	38.36
30	14.52	16.95	19.58	22.42	25.44	28.63	31.97
35	12.44	14.52	16.79	19.22	21.80	24.54	27.40
40	10.89	12.71	14.69	16.81	19.08	21.47	23.98
45	9.68	11.30	13.06	14.95	16.96	19.08	21.31
50	8.71	10.17	11.75	13.45	15.26	17.18	19.18





A tabela IV e gráfico correspondente referem-se à opção Moínhos do Campo, considerando uma vida útil de 20 anos.

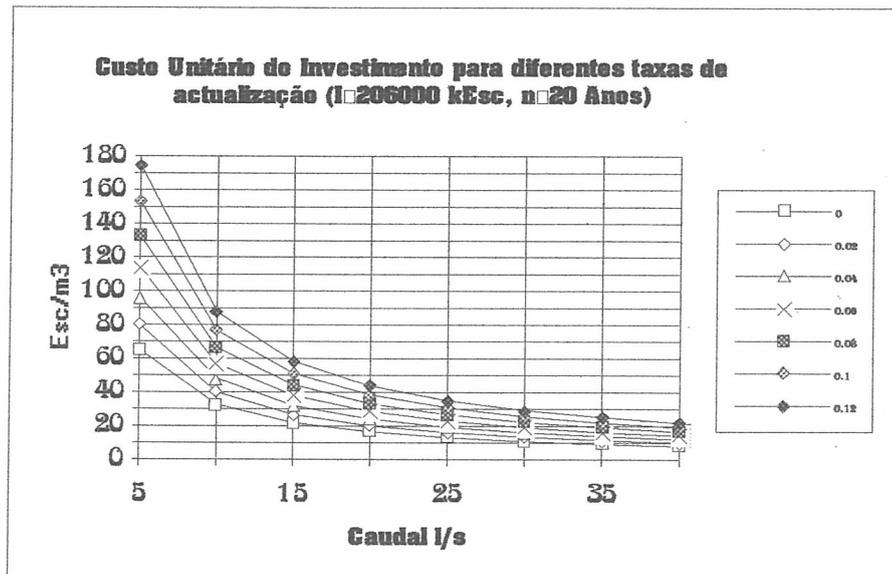
TABELA IV - MOÍNHOS DO CAMPO

CUSTO UNITÁRIO DO INVESTIMENTO (I=206000 kEsc, n=20 Anos)

Unidade Adoptada: Esc/m³

Taxas de Actualização

Caudal l/s	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12
5	65.32	79.90	96.13	113.90	133.06	153.45	174.91
10	32.66	39.95	48.07	56.95	66.53	76.73	87.45
15	21.77	26.63	32.04	37.97	44.35	51.15	58.30
20	16.33	19.97	24.03	28.48	33.27	38.36	43.73
25	13.06	15.98	19.23	22.78	26.61	30.69	34.98
30	10.89	13.32	16.02	18.98	22.18	25.58	29.15
35	9.33	11.41	13.73	16.27	19.01	21.92	24.99
40	8.17	9.99	12.02	14.24	16.63	19.18	21.86
45	7.26	8.88	10.68	12.66	14.78	17.05	19.43
50	6.53	7.99	9.61	11.39	13.31	15.35	17.49





4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Os objectivos prosseguidos com o presente trabalho foram atingidos:

- determinou-se uma localização para um açude que permite abastecer com o caudal pretendido uma rede de distribuição de água, a uma cota superior a 400 metros;
- não há evidência de acidentes estruturais que inviabilizem a construção desse açude;
- a partir de duas estimativas orçamentais realizou-se um estudo económico sucinto a partir do qual foram obtidas previsões para os diferentes custos do metro cúbico de água à boca da captação, em diferentes cenários de consumo. O estudo económico possibilita à Câmara Municipal de Oliveira de Azeméis decidir sobre a viabilidade do empreendimento.

Caso a Câmara Municipal de Oliveira de Azeméis decida prosseguir o estudo agora iniciado deverá, no entender dos subscritores:

- proceder a uma análise mais aprofundada dos caudais proporcionados pela bacia hidrográfica bem como da qualidade da água;
- proceder a uma inventariação de possíveis focos de poluição dentro da bacia hidrográfica em causa;
- realizar um levantamento das necessidades das populações e indústrias a abastecer, com o objectivo de determinar qual o caudal realmente necessário a assegurar e extrapolar a partir desse caudal para as necessidades futuras;
- realizar um estudo de impacte ambiental, avaliando em particular as consequências sobre os terrenos de regadio a jusante do futuro açude.

Porto e Faculdade de Engenharia, 28 de Fevereiro de 1994



Departamento de
Minas
da Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto

(Abílio A.T. Cavalheiro)
Prof. Associado

(António M.A. Fiúza)
Prof. Auxiliar

(Alexandre J.M. Leite)
Assistente

(Aurora Futuro da Silva)
Assistente